

6

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication : **2.203.201**  
(A n'utiliser que pour  
le classement et les  
commandes de reproduction).  
(21) N° d'enregistrement national : **73.03135**  
(A utiliser pour les paiements d'annuités,  
les demandes de copies officielles et toutes  
autres correspondances avec l'I.N.P.I.)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

1<sup>re</sup> PUBLICATION

(22) Date de dépôt ..... 30 janvier 1973, à 14 h 6 mn.  
(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — «Listes» n. 19 du 10-5-1974.

(51) Classification internationale (Int. Cl.) H 02 k 3/24.

(71) Déposant : GANZ VILLAMOSSÁGI MUVEK, résidant en Hongrie.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Marc-Roger Hirsch, 111-113, rue de Reuilly, 75012 Paris.

(54) Rotor d'une machine électrique refroidie par gaz.

(72) Invention de : Mihály Wallenstein.

(33) (32) (31) Priorité conventionnelle : *Demande de brevet déposée en Hongrie le 12 octobre 1972,  
n. 15.741 au nom de Mihály Wallenstein.*

L'enroulement alimenté en courant continu et produisant le champ magnétique de machines électriques synchrones est logé, en particulier dans des machines de vitesse ou de puissance élevées, dans des encoches usinées dans le corps du rotor. La section de telles encoches a été représentée sur la figure 1. Sur cette figure sont représentées les encoches usinées dans le corps en fer 1, et leur contenu, soit les spires 2 de l'enroulement, l'isolation de corps 3 et l'isolation de spires 4, la cale 5 retenant l'enroulement sollicité par la force centrifuge ainsi que l'isolation de cale 6 placée en-dessous de la cale.

Dans la disposition classique de la figure 1, la chaleur perdue par effet Joule ( $I^2R$ ) résultant de l'action du courant passant de l'isolation de corps 3 dans les spires 2, passe de l'enroulement à la surface du rotor, avec en général un mauvais rendement, par l'intermédiaire de l'isolation de corps 9 agissant comme mauvais conducteur de la chaleur, et par l'intermédiaire des dents ou saillies se trouvant entre les encoches de corps en fer ainsi que des intervalles remplis de gaz ou d'air disposés entre les dents d'isolation et l'enroulement. Dans cette zone, la chaleur perdue par effet Joule est cédée à l'air ou au gaz de refroidissement. La somme des pertes calorifiques sur le parcours de transmission de la chaleur détermine alors la surchauffe de l'enroulement au-delà de la température de l'air ou du gaz de refroidissement entourant le rotor. Comme la surchauffe ou la température maximum admissible doivent être limitées pour plusieurs raisons (par exemple par suite de la résistance thermique des matériaux isolants, de la dilatation thermique de l'enroulement, etc.), un rotor de cette nature ne peut pas être chargé par un courant fort.

Le courant passant dans l'enroulement du rotor ou bien la chaleur perdue par effet Joule et proportionnelle au carré du courant peuvent être augmentés sensiblement à l'aide de la disposition connue représentée sur la figure 2. Dans ce cas, en dessous des encoches du rotor, est encore disposée une petite encoche 7, appelée parfois sous-encoche. Cette sous-encoche sert à introduire l'air ou le gaz de refroidissement en-dessous de l'enroulement, à partir du côté frontal du rotor. Le fluide de refroidissement arrive, du fait de son écoulement orienté radialement vers l'extérieur en correspondance à la force centrifuge s'exerçant par l'intermédiaire des canaux 8 formés dans l'enroulement, en contact direct avec les conducteurs à refroidir. La température limite supérieure de ce conducteur est déterminée en fonction de la température locale du fluide de refroidissement par un seul paramètre calorifique, à savoir par la perte de chaleur de la surface, qui est fonction de l'intensité de transmission de la chaleur.

Comme le montre la figure 2, des canaux radiaux de ventilation sont, en outre, obligatoirement ménagés dans la cale 5, dans l'isolation de cale 6, en dessous de la cale et dans l'isolation de fond 9 existant dans la partie inférieure des encoches.

5 Comme on le voit par comparaison des figures 1 et 2, l'isolation 6 est plus épaisse en dessous de la cale, et l'isolation 9 considérablement plus épaisse au fond des encoches, que l'isolation 6 utilisée dans la disposition classique en dessous de la cale de la figure 1. Dans un système de refroidissement à conduction directe de la chaleur tel que celui de la figure 10 2, il faut déterminer les épaisseurs des isolations 6 et 9 de manière à ce que leur résistance électrique superficielle (parcours de fuite) corresponde à la tension de crête de l'enroulement.

C'est précisément pour cette raison qu'il est prévu, entre l'enroulement et le corps en fer, des isolations 6 et 9 établissant un parcours de fuite 15 de longueur suffisante ainsi qu'un système de sous-encoches. Ces isolations occupent précisément la position du conducteur actif.

Un autre problème posé par les sous-encoches consiste en ce que, dans le cas d'un rotor de longueur particulièrement grande, l'air ou le gaz s'écoulant dans les sous-encoches est également chauffé par le corps en fer, de sorte que, dans les canaux radiaux de l'enroulement, en particulier dans la 20 partie centrale du rotor, le fluide de refroidissement qui circule est déjà préchauffé.

Un problème à résoudre dans des rotors à sous-encoches consiste également à tenter d'augmenter la quantité de gaz traversant le rotor. Une partie importante de la pression statique, qui est déterminée, dans la zone d'entrée 25 du fluide de refroidissement dans les sous-encoches et dans la zone de sortie dudit fluide dans les trous des cales, par la vitesse périphérique ainsi que par la densité du fluide de refroidissement et qui permet en outre de déterminer la quantité de gaz traversant le rotor, est consommée du fait de la chute de tension se produisant dans la zone d'entrée dans les sous-encoches. Sur la figure 3, on a représenté le diagramme vectoriel des vitesses dans la zone d'entrée dans les sous-encoches. Le gaz s'écoulant à une vitesse méridienne  $V_m$  est étranglé dans la zone d'entrée du canal par suite du mouvement de rotation, de manière à prendre, pour une vitesse périphérique de la zone d'entrée  $V_k$  et pour un angle déterminé par  $V_m$  et  $V_k$ , une vitesse relative  $V_r = \sqrt{V_m^2 + V_k^2}$  et il passe simultanément d'un grand volume à un petit volume. D'après les résultats des expériences, la chute de tension à l'entrée est égale à  $p = 6 \cdot \frac{\rho}{2} V_m^2$  (où  $\rho$  désigne la densité du fluide), 30 35

c'est-à-dire environ le sextuple de la pression dynamique du fluide pénétrant dans les sous-encoches; cette chute de tension détermine la quantité de gaz s'écoulant dans un rotor classique à sous-encoches et également indirectement la capacité de charge de l'enroulement.

5 L'invention a pour but de résoudre les problèmes posés jusqu'à présent par les rotors à sous-encoches et elle permet également d'augmenter considérablement la capacité de charge de tels rotors.

La disposition suivant l'invention a été représentée sur la figure 4. En dessous des encoches usinées dans le corps en fer du rotor pour recevoir l'enroulement, ne subsiste plus la petite encoche qui caractérisait auparavant les systèmes connus. Simultanément, il est prévu dans le fond des encoches et à l'intérieur de l'enroulement 3 un tube 10 d'une section droite suffisamment grande. Le tube peut être formé d'une matière thermiquement ou électriquement isolante, par exemple d'une résine synthétique, mais il peut également être formé d'une matière conductrice de la chaleur. Dans ce 15 dernier cas, le tube est également utilisé comme spire de l'enroulement. De cette manière, les sous-encoches se présentent sous la forme d'un composant particulier au lieu de se présenter sous la forme de petites encoches usinées dans le corps en fer. Si la partie de ce composant qui dépasse du 20 corps en fer sur la surface frontale du bloc, ou bien si les éléments formant un prolongement de ce composant sont réalisés en forme d'entonnoir en vue d'adapter le rotor à la vitesse relative d'écoulement du fluide de refroidissement, on obtient alors un canal dans lequel circule le fluide de refroidissement et qui présente une faible perte de charge.

25 L'isolation 3 du corps doit toujours être prévue; le tube 10 correspondant à la caractéristique principale de l'invention n'est cependant pas revêtu dans le cas où il est fabriqué à partir d'une matière isolante, ce qui permet d'assurer une isolation thermique du fluide de refroidissement par rapport au corps en fer, et d'empêcher un préchauffage de ce fluide de 30 refroidissement par le fer du rotor.

Lorsque le tube 10 est formé d'un conducteur, auquel cas un conducteur normal brasé sur les têtes d'enroulement peut constituer un prolongement du conducteur cité plus haut, il est nécessaire de prévoir une isolation de spire entre le tube 10 et la spire placée au-dessus de ce dernier. Dans le 35 cas d'une sous-encoche formée à l'aide du tube 10 à l'intérieur de l'isolation de corps, on peut supprimer l'isolation correspondant à l'isolation de fond d'encoche 9, comme indiqué sur la figure 2. Cette zone peut alors être utilisée pour recevoir un enroulement utile.

La coupe que présente la figure 4 permet de voir que les canaux 8 servant à l'écoulement du fluide de refroidissement ainsi qu'au refroidissement direct du conducteur, partent de parties correspondantes du tube 10 et aboutissent par l'intermédiaire des spires, de l'isolation située en dessous de la cale et de cette cale proprement dite, à la surface du rotor. En général, on peut admettre que les sous-encoches soient reliées à l'aide du tube 10 à des canaux radiaux de types connus et appropriés.

On a représenté sur la figure 5 un mode de réalisation dans lequel les sous-encoches isolées suivant l'invention sont utilisables dans l'enroulement en coopération avec des canaux de refroidissement formant une plus grande surface intérieure de refroidissement. Les encoches peuvent, en tenant compte de la résistance du rotor 1, être pourvues d'un fond arrondi. La forme de ce fond est alors adaptée à la forme des sous-encoches constituées par le tube à l'intérieur de l'isolation 3 du corps de rotor. Les canaux radiaux de ventilation 8a et 8b, qui sont ménagés sur les deux côtés de l'enroulement, sont reliés entre eux par l'intermédiaire de canaux transversaux 8c de section droite plus faible, ménagés à l'intérieur des spires. Le canal 8a est relié à la partie correspondante du tube 10, tandis que le trou situé dans la cale est relié au canal 8b. Du fait que les canaux 8a et 8b sont directement placés à côté de l'isolation du corps de rotor, l'enroulement est également isolé thermiquement par rapport au corps de rotor. De cette manière, les canaux 8c permettent d'obtenir un effet de refroidissement extrêmement intense sans que l'enroulement reçoive du corps en fer une chaleur importante (ou fournisse de la chaleur à ce corps). Avec la disposition représentée sur la figure 5 et avec un enroulement thermiquement isolé et comportant des sous-encoches thermiquement isolées, on peut obtenir que l'enroulement soit plus froid que le corps en fer. Cela est extrêmement avantageux pour le rotor, car on peut réduire au minimum le mouvement de dilatation thermique de l'enroulement parcouru par un courant par rapport au corps en fer du rotor.

Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation représentés, elle est susceptible de nombreuses variantes, accessibles à l'homme de l'art, sans que l'on ne s'écarte de l'esprit de l'invention.

## REVENDICATIONS

- 1.- Rotor de moteur synchrone de puissance et/ou de vitesse élevées, notamment d'un turbo-générateur, formé d'un corps en fer massif dans lequel sont ménagées des encoches servant à recevoir l'enroulement produisant le champ magnétique du moteur, d'une isolation de corps séparant l'enroulement du corps en fer, de cales maintenant les spires de l'enroulement et assurant le refroidissement direct de celles-ci et de canaux de ventilation ménagés dans les isolations, rotor caractérisé en ce que, pour introduire le fluide gazeux de refroidissement dans les encoches, il est prévu en dessous de l'enroulement et au fond des encoches mais cependant à l'intérieur de l'isolation de corps un tube adapté à la forme des encoches ou de l'isolation de corps qui est pourvu d'évidements dans les zones de raccordement des canaux de ventilation, orientés radialement et dont l'extrémité dépassant du corps en fer ou bien les composants reliés à cette extrémité, ont, pour améliorer les conditions d'écoulement, avantageusement une forme d'entonnoir ou bien une orientation correspondant à la vitesse relative de gaz.
- 2.- Rotor suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le tube placé au fond des encoches mais cependant à l'intérieur de l'isolation de corps est réalisé en un matériau isolant.
- 3.- Rotor suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le tube placé au fond des encoches mais logé cependant à l'intérieur de l'isolation de corps est réalisé en un matériau conducteur.

PL I/3

2203201

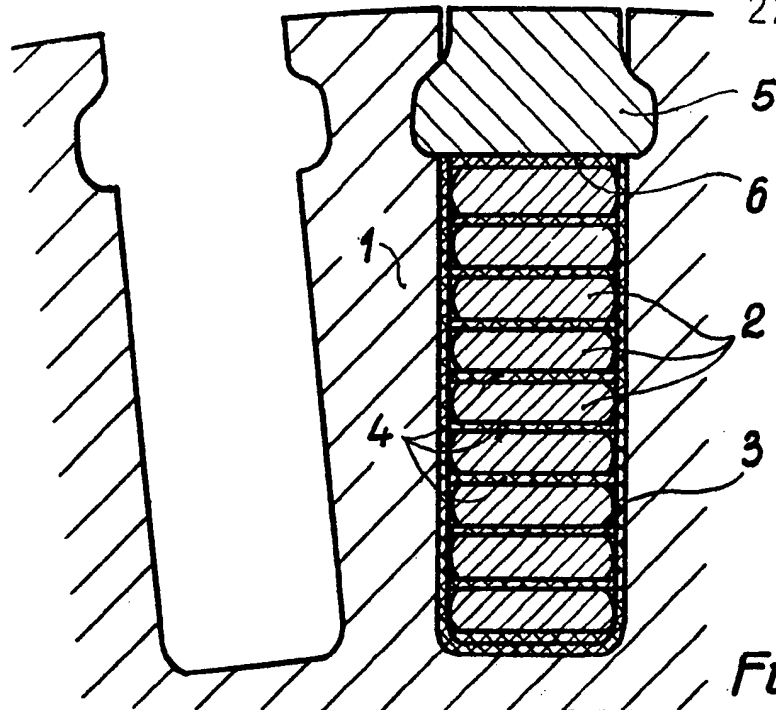


Fig. 1

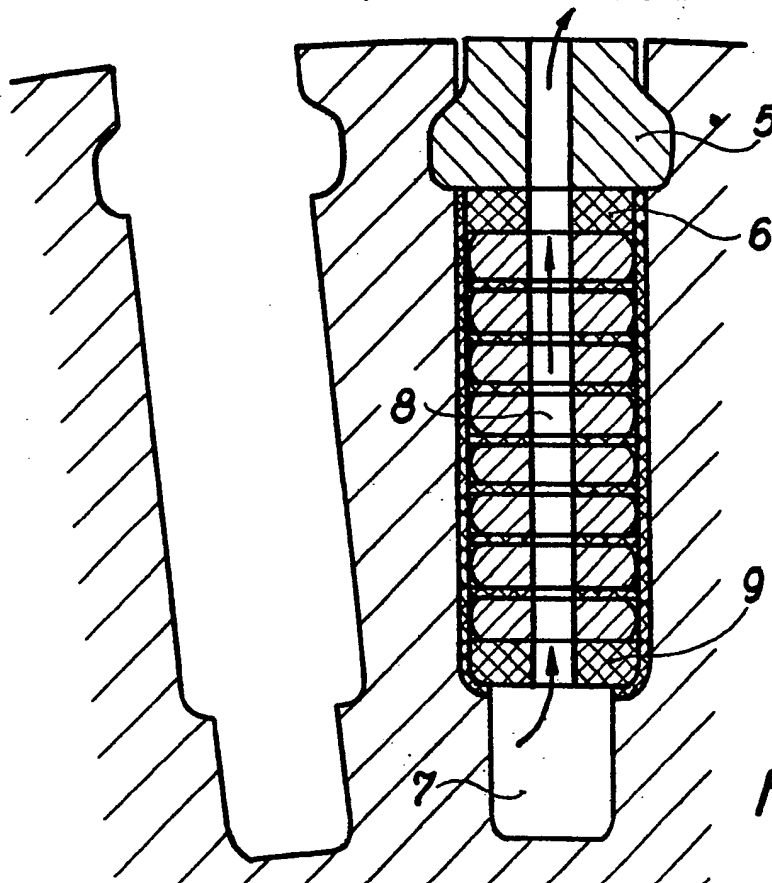
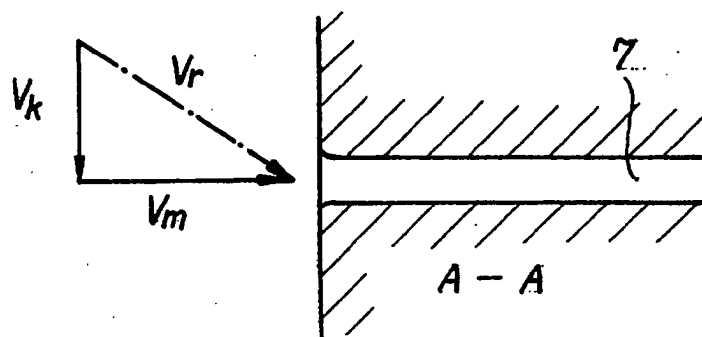
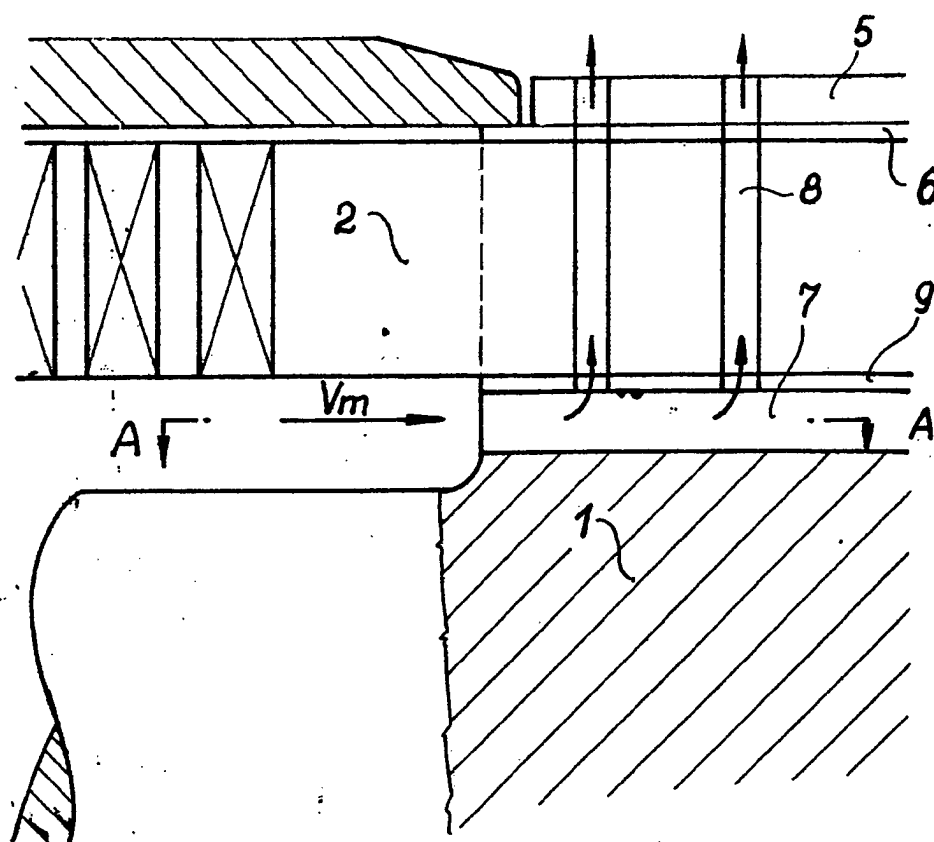


Fig. 2

*Fig.3*



